

Слайд 1

Темой сегодняшней лекции будут современные керамические материалы.

Слайд 2

Понятие «керамика» можно определить следующим образом: неметаллический поликристаллический материал (обычно получаемый спеканием порошков).

Остановимся на каждой части определения.

Под неметаллическим подразумеваются оксиды, карбиды, нитриды, etc

Поликристаллический, т.е. состоящий из множества зерен, причем обычно микронного размера, иногда для получения, например, сверхпрочной и прозрачной керамики применяют нанопорошки, которые спекаются гораздо лучше, о чём мы поговорим чуть позже. Слово материал говорит о наличие связей (перешейков, границ) между зёрнами и об определенных механических свойствах. Для керамических материалов характерны твердость, хрупкость, высокая плотность.

Обычно керамику получают спеканием исходных специально подготовленных порошков. Стоит также отметить, что о теме спекания с точки зрения человека, занимающегося керамикой, можно говорить практически бесконечно.

Слайд 3

Какие материалы не относятся к керамике?! Керамикой нельзя считать различные прессованные порошки металлов, какие бы то ни было аморфные вещества, монокристаллы, аэрогели, прессованные гранулярные пластмассы, асбест.

Слайд 4

На данном слайде приведена классификация керамики по микроструктуре. Соответственно, керамические материалы по данному критерию подразделяют на:

грубую керамику (с довольно большим количеством крупных пор);

высокопористую керамику (с количеством пор <30%);

тонкую керамику (с количеством пор <5%).

Из представленных видов тонкой керамики изготавливаются многие современные устройства (об этом чуть ниже).

Свойства керамики определяются следующими четырьмя факторами:

- физические свойства кристаллитов (фактически зёрен);
- размером и формой (анизотропией и др.) кристаллитов;
- природой связи между кристаллитами;
- присутствием пор, жидких фаз и др.

Какими основными преимуществами обладает керамика перед другими материалами? Во-первых, относительно простыми и выгодными методами получения из порошков путём спекания, а во-вторых, уникальными свойствами керамики и керамических композитных материалов.

Слайд 5

Далее мы разберём некоторые примеры керамических материалов. Начнём с силикатной керамики, как одного из наиболее древних и распространённых видов керамических материалов. Конкретные виды керамики и их применения представлены на слайде.

Слайд 6

На слайде представлен один из самых древних видов керамики – силикатная художественная керамика.

Слайд 7

Керамику на основе оксидов IV и V групп таблицы Менделеева используют в радиотехнике, в виде пьезокристаллов для пьезодвигателей, на основе керамики из ZrO_2 изготавливаются датчики кислорода, которые стоят в любом современном автомобиле.

Керамику на основе ферритов и шпинелей используют в устройствах памяти, в виде сердечников магнитов и т.д.

Силициды (например, силицид молибдена) применяют для создания нагревателей высокотемпературных печей. А керамику на основе ВТСП (высокотемпературных сверхпроводников) планируется использовать в качестве компактной системы передачи токов высокой плотности и в ВТСП-магнитах.

Слайд 8

На данном слайде приведена сводная таблица практической значимости тех или иных керамических материалов с указанием устройств, в которых они используются.

Слайд 9

Как мы видим керамика занимает довольно существенную часть в нашей повседневной жизни. Давайте теперь разберёмся с процессами получения керамики.

Основными стадиями при получении керамики являются формование и спекание, целью данных процессов является «получение механически прочного изделия заданных геометрических размеров за счет предварительного механического компактирования (формования, прессования, шликерного литья) полидисперсного порошка и придания ему определенной формы, а также последующей (высокотемпературной) обработки сформированной заготовки путем спекания, реакционного спекания, микроволновой обработки, кристаллизации из расплава и др.»

Слайд 10

Однако помимо этих двух важнейших процессов подготовки керамических изделий, существуют следующие стадии: подготовка порошков, сушка, низкотемпературный отжиг органических связующих и т.д. Порядок всех стадий представлен на слайде.

Слайд 11

Как подготавливают порошки перед формованием? Обычно для этого используют те или иные средства помола, так как сырье обычно представляет собой довольно-таки крупнокристаллический порошок. В основе любой мельницы для помола лежит тот факт, что под действием больших механических нагрузок (как показано на рисунке, сталкиваются шары или другие детали мельниц, а в месте их контакта выделяется большое количество энергии) вещество превращается в тонкодисперсный порошок (т.е. порошок, состоящий из довольно мелких частиц). Также данная процедура нужна для гомогенизации исходной смеси, т.е. для достижения более равномерного распределения компонентов между собой.

Слайд 12

После стадии подготовки порошков, из них необходимо сформировать (или сформовать) то изделие, которые мы хотим получить «на выходе», т.е. придать ему форму и определённые геометрические размеры. Для того, чтобы понимать в какой момент надо прекратить тем или иным образом прессовать исходную смесь, используют кривые формования. При этом, идеальным считает, если мы работаем в области p_0 - p_1 или слегка «залезаем» в область p_1 - p_2 . Если выйти за нагрузку p_2 , это значит, что в процессе отжига, скорее всего, наш «продукт» не выдержит и треснет.

Слайд 13

В случае одноосного прессования (как один из самых простых и дешёвых способов формования), распределение нагрузки по объёму керамического изделия неравномерно и довольно сильно зависит от угла, по которым происходит прессование. Например, угол в 60 градусов позволяет создавать наиболее плотную керамику.

Слайд 14

В ходе процесса формования возникает ряд трудностей, которые зачастую не позволяют получать высококачественных продуктов, для того чтобы эти трудности преодолеть, прибегают к следующим хитростям:

- химическое модифицирование поверхности порошков (либо активация, либо пассивация);
- изменение свойств поверхности частиц и реологических свойств прессуемой массы при добавлении различных смазок, связок, пластификаторов (например, парафина) и т.д.;

- механическое модифицирование порошков и агрегатной структуры (добиваются более узкого или, наоборот, широкого распределения частиц по размерам, контролируют размер частиц от нано до микро);
- изменение методов формования (применяют различные более сложные методы формования).

Слайд 15

После того, как будущее керамическое изделие прошло стадию формования, оно попадает в печь для проведения процедуры спекания. Целью данной стадии является уплотнение поликристаллического материала. При этом происходят следующие процессы:

- уменьшение объема пор, изменение формы пор, усадка;
- увеличение площади контакта между кристаллитами;
- рост зерен, изменение их формы и укладки.

Слайд 16

Если же к вопросу подходить с формальной стороны, то все процессы спекания керамических изделий можно объяснить с точки зрения уменьшения свободной энергии межфазных границ σ (кристалл-газ, жидкость-кристалл, кристалл-кристалл), которая может быть выражена так, как представлено на слайде. При этом, стоит отметить, что вклад вносят в той или иной степени все указанные компоненты свободной энергии границ.

Слайд 17

На данном слайде представлены все основные механизмы спекания.

Жидкостное спекание: фактически на поверхность твёрдого тела образуется тонкий слой жидкость, через который кристаллиты «обмениваются» между собой веществом.

Твердофазное спекание: такая жидкая плёнка на поверхности кристаллитов делает их чрезвычайно подвижными и если приложить небольшое усилие или масса изделия будет велика, то возможна перемещение кристаллитов в ходе указанного выше процесса.

Спекание под давлением: это аналог твердофазного спекания, однако в данном случае используются куда большие давления.

Реакционное спекание: протекание на поверхности кристаллитов тех или иных реакций. В качестве примера, можно привести получение керамических магнитов сложных оксидов из исходной смеси простых оксидов металлов.

Слайд 18

На сегодняшний день одним из наиболее бурно развивающихся направлений в химии и материаловедении являются композитные материалы. Говоря о керамических материалах, стоит отметить, что добавление в них различных микрочастиц или глобул, армирующих нитей, создание слоистых композитов может кардинально изменять свойства керамической матрицы.